

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 06-067118
 (43) Date of publication of application : 11.03.1994

(51) Int. Cl. G02B 27/28

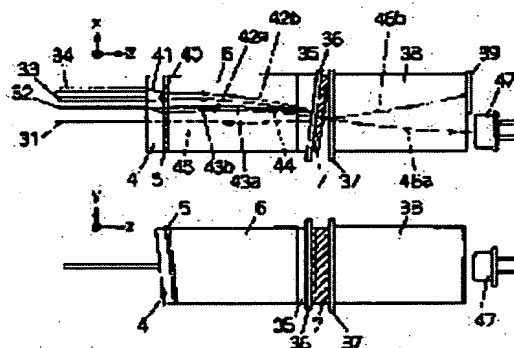
(21) Application number : 04-221541 (71) Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
 (22) Date of filing : 20.08.1992 (72) Inventor : TOJO MASAOKI
 KURATA NOBORU
 HAYATA HIRONORI

(54) OPTICAL COUPLER

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide the optical isolator of a small size which is half the number of parts of the conventional coupler and is simple in optical axis adjustment.

CONSTITUTION: The multiplexer is provided with 4 pieces of optical fiber arrays 31-34, a double refraction crystal 4 provided on one side of one piece of lens 6, a halfwave plate 5 which exists between this lens 6 and the double refraction crystal 4 and covers half the area of the lens 6, a filter 36 which exists on the other one side of the lens 6 and reflects the light of a wavelength λ_1 , a flat planar magneto-optical crystal 7 determined in length in such a manner that the planes of polarization of incident light and exit light are varied by about $(\pi/8 + N\pi/4)$ ($N=0, 1, \dots$) by the magnetization on the other end face of the filter 36 and a reflection plate 37. The multiplexer is so constituted that incident light λ_1 on the double refraction crystal 4 from the first optical fiber of the optical fiber array is reflected by the filter 36 and is made incident on the second optical fiber. The reflection plate 37 is so inclined that the incident light λ_2 of the wavelength on the double refraction crystal 4 from the first optical fiber passes the halfwave plate 5 and is made incident on the third optical fiber.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted]

registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

全項目

- (19) 【発行国】日本国特許庁 (JP)
 (12) 【公報種別】公開特許公報 (A)
 (11) 【公開番号】特開平6-67118
 (43) 【公開日】平成6年(1994)3月11日
 (54) 【発明の名称】光結合装置
 (51) 【国際特許分類第5版】

G02B 27/28

9120-2K

- 【審査請求】未請求
 【請求項の数】6
 【全頁数】6
 (21) 【出願番号】特願平4-221541
 (22) 【出願日】平成4年(1992)8月20日
 (71) 【出願人】
 【識別番号】000005821
 【氏名又は名称】松下電器産業株式会社
 【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地
 (72) 【発明者】
 【氏名】東城 正明
 【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 (72) 【発明者】
 【氏名】倉田 昇
 【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 (72) 【発明者】
 【氏名】早田 博則
 【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 (74) 【代理人】
 【弁理士】
 【氏名又は名称】松田 正道

(57) 【要約】

【目的】部品数が従来の半分で、光軸調整が簡単な小型の光アイソレータを提供すること。

【構成】4本の光ファイバアレィ31-34と、1個のレンズ6の片側に設けた複屈折結晶4と、このレンズ6と複屈折結晶4の間にあってレンズ6の半分の面積を覆う1/2波長板5と、レンズ6の他の片側にあって波長 λ_1 の光を反射するフィルタ36と、フィルタ36の他端面に磁化によって入射光と出射光の偏光面が約 $\pi/8 + N\pi/4$ ($N=0, 1, \dots$) だけ異なるように長さを決めた平板状磁気光学結晶7と反射板37を設け、光ファイバアレィの第1の光ファイバから複屈折結晶4に入射した光 λ_1 はフィルタ36で反射されて第2の光ファイバに入射するように合波器を構成し、第1の光ファイバから複屈折結晶4に入射した波長の光 λ_2 が1/2波長板5を通過して第3の光ファイバに入射するように反射板37を傾ける。

【特許請求の範囲】

【請求項1】第1から第4の入出射用の光ファイバと、複屈折結晶と、入射光を略平行光に変換する第1のレンズと、特定波長の光を反射するフィルタと、磁界を受けて入射光の偏波面を $\pi/8 + N\pi/4$ ($N=0, 1, \dots$) だけ回転させる磁気光学結晶と、光軸に対

して傾けて設けられた光の反射板とが、この順番で配置された構成を有し、前記複屈折結晶と前記第1のレンズとの間に光路の一部を覆うように1/2波長板が設けられていることを特徴とする光結合装置。

【請求項2】第1から第4の入出射用の光ファイバと、複屈折結晶と、入射光を略平行光に変換する第1のレンズと、特定波長の光を反射するフィルタと、磁界を受けて入射光の偏波面を $\pi/8 + N\pi/4$ ($N=0, 1, \dots$) だけ回転させる磁気光学結晶と、光軸に対して傾けて設けたハーフミラーと、前記ハーフミラーを通過した平行光を収束させる第2のレンズと、この収束光を検出する受光素子とが、この順番で配置された構成を有し、前記複屈折結晶と前記第1のレンズとの間に光路の一部を覆うように1/2波長板が設けられていることを特徴とする光結合装置。

【請求項3】第1および第2の光ファイバから出射した特定波長の互いに偏波面が直行する直線偏光が前記フィルタで反射された後、前記複屈折結晶で同一光軸上に合成され前記第3の光ファイバに入射し、前記第3の光ファイバ（あるいは第4の光ファイバ）から出射した他の波長の光が、前記光の反射板あるいはハーフミラーで反射されて前記1/2波長板を通過し前記第4の光ファイバ（あるいは第3の光ファイバ）に入射するように、前記第1から第4の入出射用光ファイバが配置されていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の光結合装置。

【請求項4】第1および第2の光ファイバを偏波面保存光ファイバとし、前記第1から第4の光ファイバの先端部を一体に整列させた光ファイバアレイとしたことを特徴とする請求項3記載の光結合装置。

【請求項5】第3および第4の光ファイバから出射し、前記ハーフミラーを通過して前記第2のレンズで収束された光の何れか一方を遮蔽するように、前記第2のレンズと前記受光素子との間に遮蔽部材が設けられていることを特徴とする請求項2記載の光結合装置。

【請求項6】第2のレンズは、前記受光素子に入射する光の一部を遮蔽するように前記受光素子に対向する面の一部が斜めにカットされた収束性ロッドレンズからなることを特徴とする請求項2記載の光結合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光結合装置、特に光アイソレータ機能をもつ光結合装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光処理システムに用いられる光結合装置、例えば光ファイバ増幅器は、図5に示すように各光部品を接続して構成していた。図5において、51は合波器、52は光アイソレータ、53は偏光合成器、54はエルビウム添加光ファイバ、55～60はシングルモード光ファイバ、61、62は偏光面保存光ファイバ、63～65は融着接続部、66は励起光の進む方向を示す矢印、67は出力光の進む方向を示す矢印であって、図に示すように結合されている。

【0003】2個の励起用半導体レーザ（図示省略）から、偏光面光ファイバ61、62のそれぞれに入射した半導体レーザ（図示せず）の光は偏光合成器53で合成されて光ファイバ60に入射する。その励起光は光ファイバ60に融着接続している光ファイバ65に入射し、合波器51により光ファイバ55に出力され、それに融着接続したエルビウム添加光ファイバ54に入射する。一方、エルビウム添加光ファイバ54で増幅された光は合波器51を経て光ファイバ56と融着接続した光ファイバ57に入射し、光アイソレータ52を通過して光ファイバ58から矢印67の方向に出力する。このように、2個の励起用半導体レーザから出力した光を偏光合成器53で合流し、合波器51、エルビウム添加光ファイバ54に入力すると共に、エルビウム光ファイバ54で増幅した光を合波器51で取り出すことにより、光ファイバ増幅器を構成することができる。したがって、光ファイバ増幅器を構成するためには少なくとも合波器51、偏光合成器53および光アイソレータ52を必要とし、それぞれの光部品を融着接続して光増幅器を構成している。

【0004】図6は、これらの光部品の内の光アイソレータ52の構成を示す図である。図6において、71、72は光ファイバ、73、74はレンズ、75、76は平板状複屈

折結晶、77は磁気光学結晶、78は旋光性結晶または複屈折結晶、79は磁石であつて、図に示すように配設されている。光アイソレータ52では光ファイバ71から出力した光をレンズ73で平行光線に変換し、複屈折結晶75、76、磁気光学結晶77および旋光性結晶78を透過した後、レンズ74で集光され光ファイバ52に入射する。このように一度光ファイバから出射した光を光学的な作用を加え、再び光ファイバに入射する構成を取っている。この構成は光アイソレータ52だけでなく、合波器や偏光合成器も同様な構成となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の従来の構成による光ファイバ増幅器では、各光部品を構成するために、1つの光部品あたり2個以上のレンズを必要とするなど構成部品が多いという課題がある。また、それぞれの光部品を融着接続する工程を必要とすることと、接続後の光ファイバの収納処理スペースを必要とするため、結果として大きな容積を占める光ファイバ増幅器となるという課題がある。

【0006】本発明はこの様な従来の光ファイバ増幅器等の課題を考慮し、その光部品の構成部品を削減し、光軸調整が容易な小型の光結合装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1から第4の入出射用の光ファイバと、複屈折結晶と、入射光を略平行光に変換する第1のレンズと、特定波長の光を反射するフィルタと、磁界を受けて入射光の偏波面を $\pi/8 + N\pi/4$ ($N=0, 1, \dots$) だけ回転させる磁気光学結晶と、光軸に対して傾けて設けられた光の反射板とが、この順番で配置された構成を有し、複屈折結晶と第1のレンズとの間に光路の一部を覆うように1/2波長板が設けられている光結合装置である。

【0008】

【作用】第1および第2の光ファイバから出射した特定波長の互いに偏波面が直行する直線偏光がフィルタで反射された後、複屈折結晶で同一光軸上に合成され第3の光ファイバに入射し、第3の光ファイバ（あるいは第4の光ファイバ）から出射した他の波長の光が、光の反射板で反射されて1/2波長板を通過し第4の光ファイバ（あるいは第3の光ファイバ）に入射する。

【0009】このように1つのレンズを使用し、フィルタの外側に反射板を傾けて設けることにより、光アイソレータ機能と分波器機能を少ない部品で実現できると共に、組立時の光軸調整を簡単にすることができる。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0011】図1および図2は本発明の光結合装置の第1の実施例における光アイソレータの機能を説明するための断面図であつて、図1は順方向に光を透過した場合の偏光状態および光路の変化を説明した図、図2は逆方向に光を透過した場合の偏光状態および光路の変化を説明した図である。図3は本発明の第1の実施例における光アイソレータと光分波器を併せ持つ構成の断面図を示した図である。まず始めに光アイソレータの動作に付いて説明する。

【0012】図1および図2において、基本的に、1、2は光ファイバ、3は光ファイバアレイ、4は複屈折結晶（ルチル結晶）、5は旋光性結晶または複屈折結晶（水晶）、6はレンズ、7は磁気光学性結晶（ガーネット結晶）、8は反射板、9はガラス板、10は磁石、11～18および21～28は光線である。

【0013】更に詳しく述べると、図1において光ファイバ1および光ファイバ2は250 μm の間隔を開けて板厚1mmのガラス板上に平行に整列し、その上に板厚1mmのガラス板をかぶせて接着固定した後、先端を鏡面研磨して光ファイバアレイ3を構成する。板厚1.3mmの複屈折結晶であるルチル結晶4の片面の半分の部分に板厚90 μm の1/2波長板5を、残りの半分の部分に板厚90 μm のガラス板9を貼り付ける。ルチル結晶4の両面には、接着した場合に反射光がなくなるような反射防止膜を設けている。光ファイバアレイ3とルチル結晶4を接着するとき、光ファイバ1と光ファイバ2の中心に1/2波長板5とガラス板9の境界が来るように位置合わせを行い、光ファイバ2に入出力する光だけが1/2波長板5を通過するようにしている。屈折率分布型ロッドレンズ6の端面に厚さ約170 μm の磁気光学結晶であるガーネット結晶7を貼り付け、さらにガー

ネット結晶 7 に反射板 8 を貼り付けている。ガーネット結晶 7 の外側にはガーネット結晶 7 に垂直に磁界が透過するように円筒型の磁石 10 を設けている。ガーネット結晶 7 を中心波長 1554 nm の光が透過するとその偏光面が 22.5 度左回りに回転する。光ファイバ 1 から出射した光が光ファイバ 2 に入射するように光ファイバアレイ 3 とロッドレンズ 6 の位置調整を行ない、ロッドレンズ 6 と光ファイバアレイ 3 の先端に設けられた 1/2 波長板 5 およびガラス板 9 を接着固定する。

【0014】次に、このように構成した光アイソレータの動作を説明する。なお、光は紙面水平方向に進むものとし、光の偏光状態は光線の法線面（紙面に垂直な平面）内の左から見た偏光方向を示すものとする。また、回転は時計回りを右回り、反時計回りを左回りとする。ロッドレンズ 6 内での光の振る舞いは光線の中心の振る舞いを描写した。

【0015】光ファイバ 1 から入射した無偏光状態の光はルチル結晶 4 で常光 11 と異常光 12 に分離され、異常光 12 の光路が変化する。ルチル結晶 4 を透過した光は常光、異常光と共に光路は異なるが同じように進み、ロッドレンズ 6 の右端面では平行光線に変換される。ロッドレンズ 6 を通過した光 13 および光 14 はガーネット結晶 7 を透過したときに左回りに 22.5 度、反射板 8 で反射され再びガーネット結晶 7 を透過したときに 22.5 度と合わせて 45 度左に回転する。反射板 8 で反射されることで、光 13 は光 15 の光路を、光 14 は光 16 の光路を進む。ガーネット結晶 7 を透過した光 15 および 16 はロッドレンズ 6 で集光されながら 1/2 波長板 5 に入射する。1/2 波長板 5 はその光学軸と角度 θ をなして入射した直線偏光の光を 1/2 波長板 5 の光学軸と $-\theta$ の角度をなす直線偏光として出射する機能を持つ。1/2 波長板 5 の光学軸方向は異常光 12 に対して 22.5 度の角度をなして設けているため、光 15 および光 16 の偏光状態は、1/2 波長板 5 を透過すると偏光はさらに 45 度左に回転する。1/2 波長板 5 を透過した光はルチル結晶板 4 に入射するので、異常光である光 17 と常光である光 18 はルチル結晶 4 を透過したときにはその光路が一致する。また、光 17 および光 18 はロッドレンズ 6 で集光されているので、光ファイバ 2 に損失が 0.5 dB 程度と効率よく結合される。

【0016】一方、図 2 において光ファイバ 2 から無偏光の光が入射すると、ルチル結晶 4 で常光 21 と異常光 22 に分けられ、異なった光路を進む。1/2 波長板 5 を透過するときにその偏光面が右回りに回転したのち、ロッドレンズ 6 で平行光に変換される。ロッドレンズ 6 内を進む光 23 と光 24 は反射板 8 で反射される前後でガーネット結晶 7 を合わせて 2 回透過するので、この時に偏光面が左回りに 45 度回転する。反射板 8 で反射することにより光 23 は光 25 の光路を、光 24 は光 26 の光路を進む。また、光 25 および光 26 はロッドレンズ 6 で集光されながら進む。ガラス板 9 を透過した光はルチル結晶 4 内を通るとき、光 27 は常光として進むので直進し、光ファイバ 1 に入射しない。光 28 は異常光としてルチル結晶 4 を通るので、光路がずれ、光ファイバ 1 に入射しない。

【0017】このように、光ファイバ 1 から入射した光は光ファイバ 2 に結合するが、光ファイバ 2 から入射した光は光ファイバ 1 には結合しないという光アイソレータの機能を得ることができる。

【0018】次に、このような光アイソレータと分波器の機能を複合した実施例について図 3 を参照しながら説明する。図 3 の上図は $x-z$ 方向の図であり、下図は $y-z$ 方向の図である。図 3 において、基本的構成を述べると、31、32 は光ファイバ、33、34 は偏光面保存光ファイバ、35 はスペーサ、36 はフィルタ、37 はハーフミラー、38 はレンズ、39 は吸光部、40～46 は光、47 は受光素子、その他は先きに示したものと同一である。

【0019】光ファイバ 33 および 34 は偏光面保存ファイバで、通称 PANDA ファイバと呼ばれる。光ファイバ 33 および光ファイバ 34 には励起用半導体レーザ（図示せず）から直線偏光の光が入射する。光ファイバ 33 から出力する光はルチル結晶 4 の中で常光に、光ファイバ 34 から出力する光がルチル結晶 4 の中では異常光になるように光ファイバ 33 および 34 を配置している。異常光はルチル結晶 4 の中でその光路が傾くので、光ファイバ 33 から出射した光 40 と光ファイバ 34 から出射した光 41 はルチル結晶 4 を通過し、ロッドレンズ 6 の中ではそれぞれ光路 42a および光路 42b を進む。光ファイバ 33 および光ファイバ 34 から出力した光は波長 1480 nm なので、ロッドレンズ 6 で平行光線に変換された光 42a および 42b は波長 1480 nm の光を反射するフィルタ 36 で反射される。フィルタ 36 は 3 度傾いたスペーサプリズム 35 に接着されているので、フィルタ 36 で反射された光はそれぞれ光路 43a および光路 43b を通

り、ルチル結晶4を再び通過するとき1つに重なり合い、光ファイバ32に入射する。光ファイバ32はエルビウム添加光ファイバ(図示せず)に接続される。

【0020】エルビウム添加光ファイバで増幅された波長1554nmの光は、光ファイバ32からロッドレンズ6に入射し、光路44を通り、波長1554nmの光は透過するフィルタ36を透過し、ガーネット結晶7を通過する。ガーネット結晶7を通過した光は99%を反射するハーフミラー37で大部分の光が反射され、再びガーネット結晶7、フィルタ36およびスペーサプリズム35を通過した後ロッドレンズ6で集光され、光路45を通り、1/2波長板5およびルチル結晶4通って光ファイバ31に入射する。光ファイバ32から光ファイバ31への結合は光アイソレータの順方向の結合である。したがって、光ファイバ31から出射した光は光ファイバ32に入射することはない。

【0021】ハーフミラー37を透過した残る1%の光はロッドレンズ38の中を光路46aを通過して受光素子47に入射する。光ファイバ31からロッドレンズ6に入射した光の内の1%の光46bはロッドレンズ38に進行するので、この光が受光素子47に入射しないように黒色の遮光部39をロッドレンズ38の一部に設けている。

【0022】光ファイバ31から34の4本の光ファイバは光ファイバアレイを構成しているので、各光ファイバ間の光学結合は、ロッドレンズ6に対して光ファイバアレイの位置決めを行うか、ハーフミラー37またはフィルタ36の傾き調整を行うことにより簡単に行うことができる。

【0023】また、光ファイバ31および32端面からの反射戻り光を少なくするために光ファイバの先端を8度傾けて研磨すると共に、ロッドレンズ6の光ファイバと接続する側の端面も8度だけ傾斜している。ロッドレンズ6の端面の傾き方向とスペーサプリズム35の傾き方向は互いにねじれの関係にあり、両面間での反射をなくしている。

【0024】なお、偏光合成器を必要としない場合には、入力側に使用しているPANDAファイバを1本にすることで基本的な構成を変えなく仕様変更が容易にできる。

【0025】図4は本発明の第2の実施例の光結合装置の構成断面図である。図4において、基本的構成を述べると、48はレンズの斜めカット部、49は反射板で、その他は図3の実施例と同じである。光ファイバ32から出力した波長1554nmの光はロッドレンズ6で平行光に変換された後、スペーサプリズム35、フィルタ36を透過する。1%の光を透過するハーフミラー37を透過した光はロッドレンズ38で集光されて受光素子47に入射する。一方、光ファイバ31から出力した波長1554nmの光の内ハーフミラー37を透過した光はロッドレンズ38で集光される。この光を受光素子47に入射しないようにするために、ロッドレンズ38の端面の一部を斜めにカットして反射板49を設け、集光された光を反射して受光素子47に入射しないようにしている。

【0026】

【発明の効果】以上述べたところから明らかなように、本発明は、構成部品数を従来よりも少なくすることができる。

【0027】また、光ファイバとレンズの光軸調整を行うことにより簡単に光学結合ができる。

【0028】また、1個のレンズを用いて偏光合成器、合波器および光アイソレータを構成し、レンズ他端面に受光素子を設ける場合は、部品をほとんど増やすことなくモニタ機能をも追加することができるという多機能を実現することができる。

【0029】さらに、光ファイバは一方だけに出ているため、光ファイバ増幅器用光部品を実装するときに光ファイバの引き回し面積が少なくなるので、光ファイバ増幅器用光部品を組み込む装置の小型化に本発明は寄与するという効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例にかかる反射型光アイソレータの断面図で、光が順方向に進むときの光の光路と偏光状態を示した図である。

【図2】本発明の一実施例にかかる反射型光アイソレータの構成断面図で、光が逆方向に進むときの光の光路と偏光状態を示した図である。

【図3】本発明の第1の実施例における光結合装置の構成断面図である。

【図4】本発明の第2の実施例における光結合装置の構成断面図である。

【図5】従来の光ファイバ増幅器を構成する光部品接続構成の一部を示す図である。

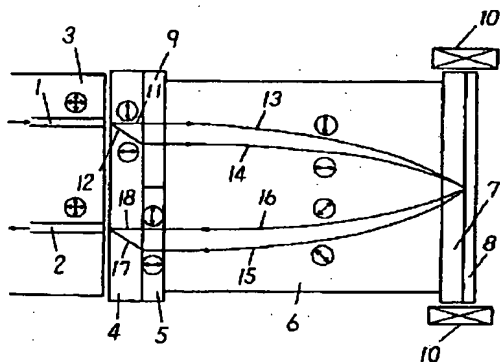
【図6】従来の光ファイバ増幅器を構成する光部品の一つである光アイソレータの構成を示す図である。

【符号の説明】

- 1 光ファイバ
- 2 光ファイバ
- 3 光ファイバアレイ
- 4 ルチル結晶
- 5 1/2波長板
- 6 ロッドレンズ
- 7 ガーネット結晶
- 8 反射鏡
- 9 ガラス板
- 10 磁石
- 11~18 光
- 21~28 光
- 31、32 光ファイバ
- 33、34 偏光面保存光ファイバ
- 35 スペーサプリズム
- 36 フィルタ
- 37 ハーフミラー
- 38 ロッドレンズ
- 39 遮光部
- 40~46 光
- 47 受光素子
- 48 レンズの斜めカット部
- 49 反射板

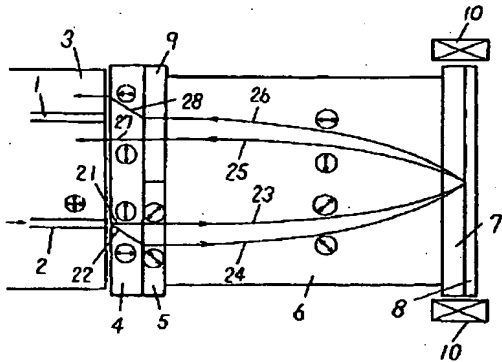
【図1】

- 1、2：光ファイバ
- 3：光ファイバアレイ
- 4：ルチル結晶
- 5：1/2波長板
- 6：ロッドレンズ
- 7：ガーネット結晶
- 8：反射鏡
- 9：ガラス板
- 10：磁石
- 11~18：光

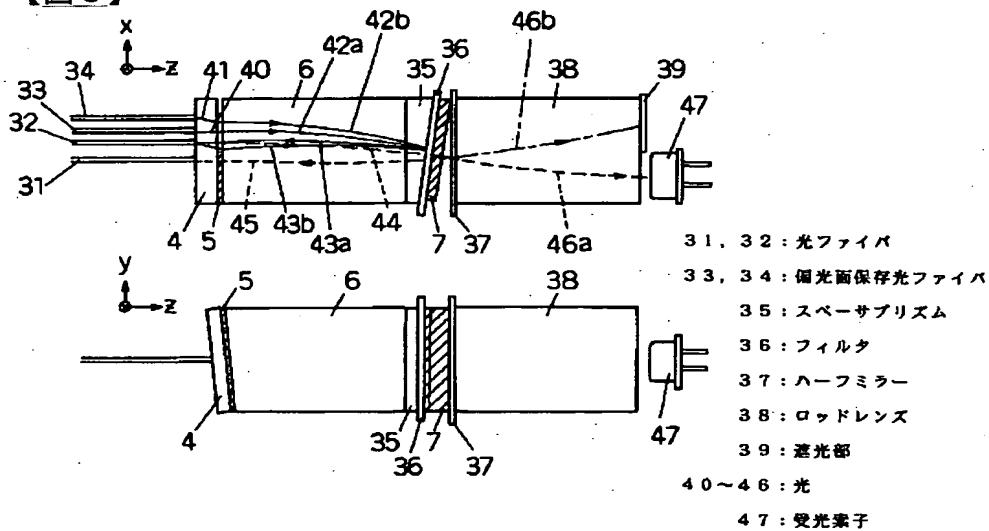


【図2】

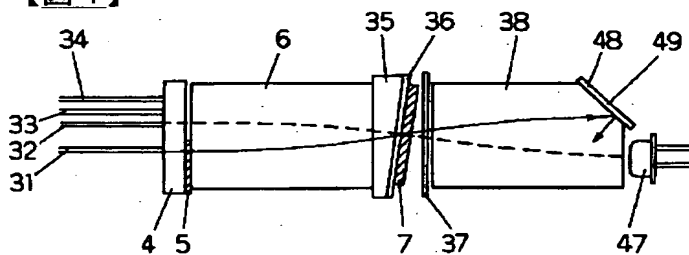
- 1、2：光ファイバ
 3：光ファイバアレイ
 4：ルチル結晶
 5：1/2波長板
 6：ロッドレンズ
 7：ガーネット結晶
 8：反射鏡
 9：ガラス板
 10：磁石
 21～28：光



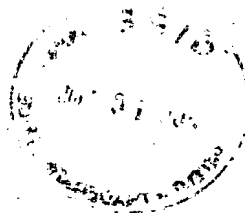
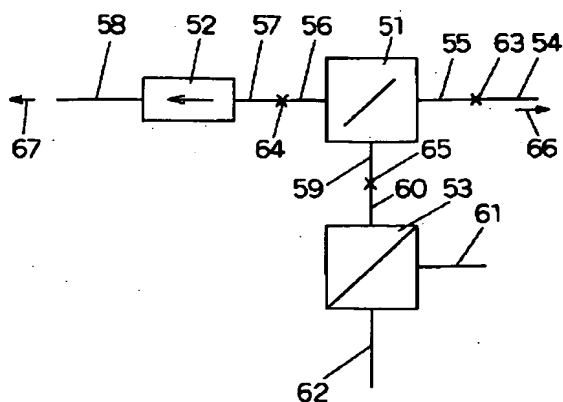
【図3】



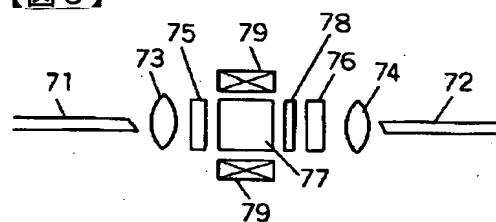
【図4】



【図5】



【図 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.